

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 6 月 24 日 (24.06.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/053545 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 6/00, 6/20
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015830
- (22) 国際出願日: 2003 年 12 月 11 日 (11.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2002-359871  
2002 年 12 月 11 日 (11.12.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都千代田区大手町 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP). 三菱電線工業株式会社 (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地 Hyogo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 久保田 寛和

(KUBOTA, Hirokazu) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 川西 悟基 (KAWANISHI, Satoki) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鈴木 和宣 (SUZUKI, Kazunori) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鈴木 聡人 (SUZUKI, Akihito) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社内 Hyogo (JP). 田中正俊 (TANAKA, Masatoshi) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社内 Hyogo (JP). 藤田 盛行 (FUJITA, Moriyuki) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社内 Hyogo (JP).

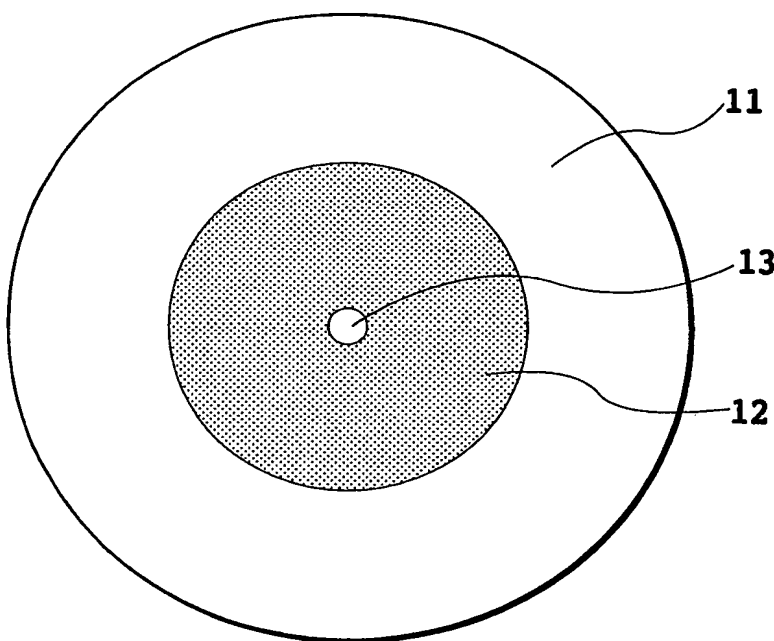
(74) 代理人: 谷 義一 (TANI, Yoshikazu); 〒107-0052 東京都港区赤坂 2 丁目 6-2 O Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,

[続葉有]

(54) Title: SINGLE MODE PHOTONIC CRYSTAL OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 単一モードフォトニック結晶光ファイバ



(57) Abstract: A clad part (12) arranged periodically with a plurality of columnar voids (14) having a diameter  $d$  at a central interval  $\Lambda$  is provided around a core part (11) having a geometrical diameter  $\rho$  where the central interval  $\Lambda$  of the voids (14) is set not shorter than 1.5 times the wavelength  $\lambda$  of a propagation light and a value  $V$  determined according to a following expression is set between 2.4 and 3.3. At least one of the geometry of the voids (14) at the clad part (12) and the optical constant distribution of the clad part (12) or the core part (11) is set less than trigonal-axis symmetry with respect to the central axis of the core part (11), thus releasing polarization degeneracy of the propagation light.  $V = 2\pi\rho(n_{\text{core}}^2 - n_{\text{eff}}^2)^{1/2} / \lambda$  ( $n_{\text{eff}}$ : effective refractive index at the clad part,  $n_{\text{core}}$ : refractive index at the core part).

[続葉有]



LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

幾何学的半径  $\rho$  のコア部 (11) の周囲に、直径  $d$  の複数の円柱状空孔 (14) が中心間隔  $\Lambda$  で周期的に配置されたクラッド部 (12) を設け、この空孔 (14) の中心間隔  $\Lambda$  を伝搬光の波長  $\lambda$  の 1.5 倍以上とし、次式により求められる  $V$  値が 2.4 より大きくかつ 3.3 未満となるように設計した。また、空孔 (14) のクラッド部 (12) における幾何学的配置、または、クラッド部 (12) もしくはコア部 (11) の光学定数分布の少なくとも一方を、コア部 (11) の中心軸に対して 3 回対称性未満となるように設定して、伝搬光の偏波モード縮退を解くこととした。

$$V = \frac{2\pi\rho}{\lambda} (n_{core}^2 - n_{eff}^2)^{1/2}$$

( $n_{eff}$ : クラッド部の有効屈折率、 $n_{core}$ : コア部の屈折率)

## 明 細 書

## 単一モードフォトニック結晶光ファイバ

## 技術分野

本発明は、単一モードフォトニック結晶光ファイバに関し、より詳細には、曲  
5 げ光損失の少ない単一モードフォトニック結晶光ファイバに関する。

## 背景技術

単一モード光ファイバは伝搬モードが1つもしくは縮退した複数のモードであるため、モード分散による伝搬中の波形歪がなく、また、各種光部品とのモードの整合性がよいことから、各種光部品や光伝送路などとして広く利用されている。

- 10 特に、フォトニック結晶構造の単一モード光ファイバ（単一モードフォトニック結晶光ファイバ）は、そのクラッド部に設けられた空孔をどのように配置するかによって特性設計が可能であり、例えば、空孔を六方最密に配置した構造は、最も製造が容易な光ファイバの構造である。すなわち、同一外径の円柱を隙間なく配列させると、その断面は自然に六方最密構造をとることとなるが、このよう  
15 な状態で、光ファイバのクラッド部に相当する円柱状のガラス母材の中心に母線方向に所望の径の孔を設けて配列させると、任意の径の空孔がクラッド部に空間的に分布した構造の光ファイバが得られる。また、一部の空孔の径を、他の空孔の径と異なるものとするこ  
20 ことで、光ファイバの局所的な有効屈折率を変化させることも可能となる。更に、フォトニック結晶構造の光ファイバは、その特性が、空気とガラスの間の大きな屈折率の差に依存するため、上述した空孔の配列を変  
えることで特性の波長依存性を大きく変化させることも可能である。

- 従来の単一モードフォトニック結晶光ファイバは、通常の単一モード光ファイバと同様に、正規化周波数  $V$  の値が2.4以下、もしくは、次式によって与えられる実効正規化周波数  $V_{eff}$  の値が4以下であることが必要であるとされていた  
25 た（T.Bricks et al., Opt. Lett., vol.22, p.961 (1997) 参照）。

$$V_{eff} = \frac{2\pi\Lambda}{\lambda} (n_{core}^2 - n_{eff}^2)^{1/2}$$

ここで、 $\Lambda$ は空孔の中心の平均間隔、 $\lambda$ は伝搬光の波長、 $n_{core}$ はコア部の屈折率、そして、 $n_{eff}$ はクラッド部の有効屈折率である。

- 5 一般に、光ファイバを曲げた際の光漏れ（曲げ光損失）を抑制する構造とするためにはV値は大きいほうが好ましいが、従来の単一モードフォトニック結晶光ファイバではV値を充分大きくとることができず、曲げ光損失を抑制することが困難であった。また、低損失化した際に取り得るV値の範囲も狭く、分散特性などの光学特性範囲が狭くなってしまうという問題があった。

#### 発明の開示

- 10 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、光学的特性の設計自由度が高く、かつ、曲げ光損失の少ない単一モードフォトニック結晶光ファイバを提供することにある。

- 15 本発明は、このような目的を達成するために、第1の発明は、単一モードフォトニック結晶光ファイバであって、幾何学的半径 $\rho$ のコア部の周囲に、ファイバの伸長方向に延在する直径 $d$ の複数の円柱状空孔が中心間隔 $\Lambda$ で周期的に配置されたクラッド部を備え、前記コア部および前記クラッド部はガラスもしくはプラスチックからなり、前記空孔の中心間隔 $\Lambda$ は伝搬光の波長 $\lambda$ の1.5倍以上とされるときともに、次式により求められる正規化周波数 $V$ が2.4より大きくかつ3.3未満となるように設計されていることを特徴とする。

$$V = \frac{2\pi\rho}{\lambda} (n_{core}^2 - n_{eff}^2)^{1/2}$$

- 20 ( $n_{eff}$ ：クラッド部の有効屈折率、 $n_{core}$ ：コア部の屈折率)

- また、第2の発明は、第1の発明の単一モードフォトニック結晶光ファイバにおいて、前記空孔のクラッド部における幾何学的配置、または、前記クラッド部もしくは前記コア部の光学定数分布の少なくとも一方が、前記コア部の中心軸に対して3回対称性未満となるように設定され、伝搬光の偏波モード縮退が解かれていることを特徴とする。
- 25

#### 図面の簡単な説明

図 1 A は、本発明の単一モードフォトニック結晶光ファイバの光ファイバの断面図、

図 1 B は、図 1 A に示したコア部近傍の拡大図、

図 2 A は、単一モード光ファイバの場合のフォトニック結晶光ファイバ中での  
5 高次モードの電磁界の強度分布を説明するための図、

図 2 B は、単一モード光ファイバでない場合のフォトニック結晶光ファイバ中での高次モードの電磁界の強度分布を説明するための図、

図 3 は、本発明の偏波保持単一モードフォトニック結晶光ファイバの構造例を説明するための図である。

#### 10 発明を実施するための最良の態様

以下に、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

図 1 A および図 1 B は、本発明の単一モードフォトニック結晶光ファイバの構造例を説明するための図で、図 1 A はこの光ファイバの断面図、図 1 B は図 1 A のコア部近傍の拡大図である。

15 この光ファイバは、ガラスもしくはプラスチックを材料とする光ファイバであって、クラッド部 1 2 の中心に幾何学的半径  $\rho$  のコア部 1 1 を有し、クラッド部 1 2 の外表面はファイバ材料 1 3 で覆われている。クラッド部 1 2 には、直径  $d$  の多数の空孔 1 4 が中心間隔  $\Lambda$  で周期的に配置され光の伝搬方向に沿って延在している。コア部 1 1 には空孔が配置されておらず、クラッド部 1 2 の空孔 1 4 に  
20 よって取り囲まれている。

本発明の単一モード光ファイバにおいては、空孔の中心間隔  $\Lambda$  は伝搬光の波長  $\lambda$  の 1. 5 倍以上とされるときともに、クラッド部 1 2 の有効屈折率  $n_{eff}$  とコア材質の屈折率  $n_{core}$  から、次式 (1) により求められる  $V$  値が 2. 4 より大きくかつ 3. 3 未満となるように設計されている。

$$25 \quad V = \frac{2\pi\rho}{\lambda} (n_{core}^2 - n_{eff}^2)^{1/2} \quad (1)$$

なお、ある伝搬光の波長におけるクラッド部の有効屈折率  $n_{eff}$  は、クラッド

部と同じ構造をもつ無限大の平面に電磁波が入射したときの屈折率であり、F D T D法や有限要素法などの電磁界解析により求めることができる。また、コア部の屈折率 $n_{core}$ はコア材質により定まる。さらに、コア部11の幾何学的半径 $\rho$ は、空孔14に内接する多角形の対向する辺相互間の距離の半分で定義され、

- 5 図1Aおよび図1Bに示した空孔配列の場合には、内接多角形は六角形であり、 $\rho = (2\Lambda - d) / 2$ となる。

単一モードフォトニック結晶光ファイバをこのように構成することは、以下のような着想に基づくものである。

- 10 一般に、フォトニック結晶構造を有する光ファイバは、その空孔の配置により光学特性を設計することが可能であるが、フォトニック結晶光ファイバは従来の一般的な光ファイバのような弱導波近似が成立しないために、その特性評価には電磁界解析を行う必要がある。発明者がフォトニック結晶光ファイバについて行
- 15 った精密な計算によれば、フォトニック結晶光ファイバにおいては、空孔の中心の平均間隔 $\Lambda$ が使用する光の波長 $\lambda$ に比較して大きい場合には、V値が3.3未満であれば単一モード動作することを見出した。

表1は、波長 $1.55\mu\text{m}$ において計算したV値を纏めたもので、横行の数字は $\Lambda/\lambda$ の値を意味し、縦列の数字は $d/\Lambda$ の値を意味しており、波長 $1.55\mu\text{m}$ における有効屈折率 $n_{eff}$ をFDTD法による電磁界解析により求めた結果に基づいて算出したものである。

20 (表1)

|     | 1           | 1.5         | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0.9 | 3.084975001 | —           | 5.239414873 | —           | 6.905900079 | —           | 7.493551128 |
| 0.8 | 2.886174789 | 3.808847846 | 4.398182032 | 5.070760951 | 5.436495416 | 5.663553153 | 5.817327725 |
| 0.7 | 2.633456507 | 3.333823439 | 3.74509337  | —           | —           | —           | —           |
| 0.6 | 2.36799343  | 2.926547295 | 3.239503162 | 3.571374006 | 3.745593367 | 3.85255735  | 3.925443222 |
| 0.5 | —           | 2.568039343 | 2.826403078 | 3.090835754 | 3.225793778 | 3.308923979 | 3.364647526 |
| 0.4 | —           | —           | —           | —           | 2.806998399 | 2.87538232  | 2.921618315 |
| 0.3 | 1.507426261 | 1.88738991  | 2.108478301 | 2.330392458 | 2.436070975 | 2.498554896 | 2.539538169 |
| 0.1 | 0.661292571 | —           | 1.122272096 | 1.402346686 | 1.562521901 | 1.658943835 | 1.72090935  |

なお、この計算は、単一モードフォトリック結晶光ファイバの構造を、同じ外径のガラス円柱管を束ね中心の一本をガラス棒で置換した最も単純な構造とし、クラッド部は、空孔のある構造が無限に広がっているものとして実行している。

表1において、斜体で示した部分が単一モードとなる領域であり、高次モード  
5 がコア部により閉じ込められていない場合（すなわち漏れ出している場合）を単一モード領域であると判定している。

図2Aおよび図2Bは、フォトリック結晶光ファイバ中での高次モードの電磁界の強度分布を説明するための光ファイバの断面図で、図2Aは単一モード光ファイバの場合、図2Bは単一モード光ファイバでない場合の電磁界強度分布の例  
10 である。光ファイバの中心領域にコア部がありその周りにクラッド部の空孔が配置され、黒く示された領域が光が集中している領域に対応している。

表1から、空孔の中心間隔 $\Lambda$ が伝搬光の波長 $\lambda$ の1.5倍以上である場合（ $\Lambda/\lambda$ が1.5以上である場合）には、V値が3.3未満となり単一モード動作することがわかる。

15 なお、この解析においてはV値を指標として用いている。これは、 $V_{eff}$ の値はV値に比較して簡単に求めることが可能であるものの、 $V_{eff}$ 値を用いたのでは空孔の大きさの影響を考慮することができないためである。また、クラッド部の空孔の配置や数はここで示したものに限定される必要はなく、径を異にする空孔をクラッド部に配置するようにしてもよい。さらに、コア部の幾何学的半径も  
20 適宜自由に設定可能である。

このような構造の単一モードフォトリック結晶光ファイバは、コア部を形成するための円柱状ガラス棒と、空孔を有するクラッド部を形成するための複数の円筒状ガラス管とを束ねることにより作製可能である。すなわち、円柱状ガラス棒と円筒状ガラス管とを束ねて母材とし、これを加熱・延伸すると、円柱状ガラス  
25 棒と円筒状ガラス管の隙間及び円筒状ガラス管相互の隙間が延伸過程で消失し、その結果、図1Aで示したような断面構造を有する単一モードフォトリック結晶光ファイバが得られることとなる。

フォトニック結晶光ファイバは外径が数10～数100  $\mu\text{m}$ であり、空孔の径は波長と同程度であるが、その作製においては、通常の光ファイバの作製と同様に、断面形状がほぼ相似形で、外径が数cm～数10cmの母材を作製し、線引き工程によってファイバ化するため、所望する断面形状をもつ母材を作製すれば

5 よく、微細加工は必要ない。例えば、同じ外径の円柱を隙間無く並べた場合、その横断面は六方最密構造をとるため、六方最密構造は製造が容易であるという利点がある。この円柱を中空のガラス円柱管とすればフォトニック結晶構造となり、これをクラッド部とし、中心の1本若しくは複数本をガラス棒とすればコア部を形成でき、光ファイバの母材を作製できる。また、ガラスの塊に孔をあける方法

10 によれば、任意の配列の空孔をもつ光ファイバ母材を作製できる。もちろん、母材の作製方法はこれに限定されるものではない。

さらに、一部の空孔の位置や大きさを変えることによって中心軸周りの対称性を3回対称性未満とし、偏波の縮退を解いて偏波保持光ファイバを作製することも可能である。

15 図3は、コア部に隣接する6つの空孔のうちの2つの空孔の径を他の空孔径と異なるように設定してコア部の中心に対する回転対称性を2回対称とした場合の本発明の偏波保持単一モードフォトニック結晶光ファイバの構造例を説明するための図で、光ファイバのコア部近傍を拡大した図である。なお、軸対称性の落とし方はこの方法に限られず、例えば、空孔23の配置の仕方によってもよく、も

20 しくは、コア部21やクラッド部22の屈折率分布を軸対称からずらすことによってもよい。

#### 産業上の利用可能性

本発明によれば、空孔の中心間隔 $\Lambda$ を伝搬光の波長 $\lambda$ の1.5倍以上とするとともに $V$ 値を2.4より大きくかつ3.3未満となるように設計したので、光学

25 的特性の設計自由度が高くかつ曲げ光損失の少ない単一モードフォトニック結晶光ファイバを提供することが可能となる。



## 請 求 の 範 囲

1. 幾何学的半径  $\rho$  のコア部の周囲に、ファイバの伸長方向に延在する直径  $d$  の複数の円柱状空孔が中心間隔  $\Lambda$  で周期的に配置されたクラッド部を備え、
- 5 前記コア部および前記クラッド部はガラスもしくはプラスチックからなり、前記空孔の中心間隔  $\Lambda$  は伝搬光の波長  $\lambda$  の 1.5 倍以上とされるときともに、次式により求められる正規化周波数  $V$  が 2.4 より大きくかつ 3.3 未満となるように設計されていることを特徴とする単一モードフォトリック結晶光ファイバ。

10 
$$V = \frac{2\pi\rho}{\lambda} (n_{core}^2 - n_{eff}^2)^{1/2}$$

( $n_{eff}$  : クラッド部の有効屈折率、 $n_{core}$  : コア部の屈折率)

2. 前記空孔のクラッド部における幾何学的配置、または、前記クラッド部もしくは前記コア部の光学定数分布の少なくとも一方が、前記コア部の中心軸に対して 3 回対称性未満となるように設定され、伝搬光の偏波モード縮退が
- 15 解かれていることを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の単一モードフォトリック結晶光ファイバ。

FIG.1A

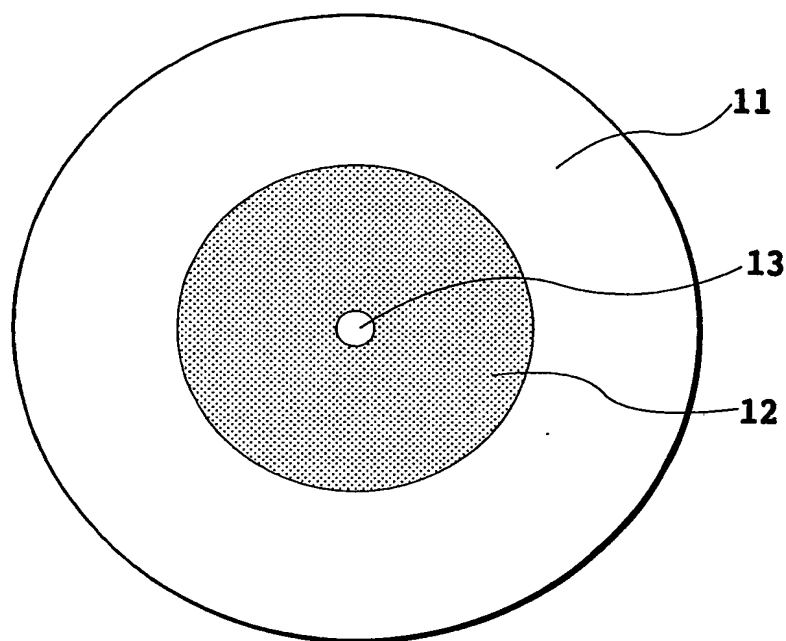
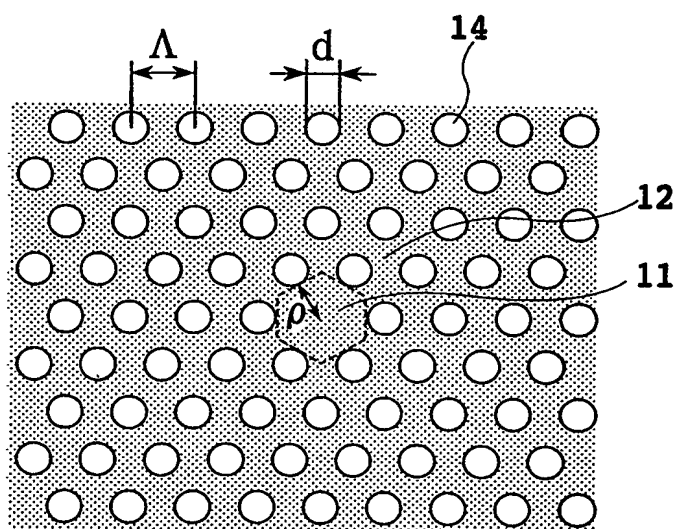
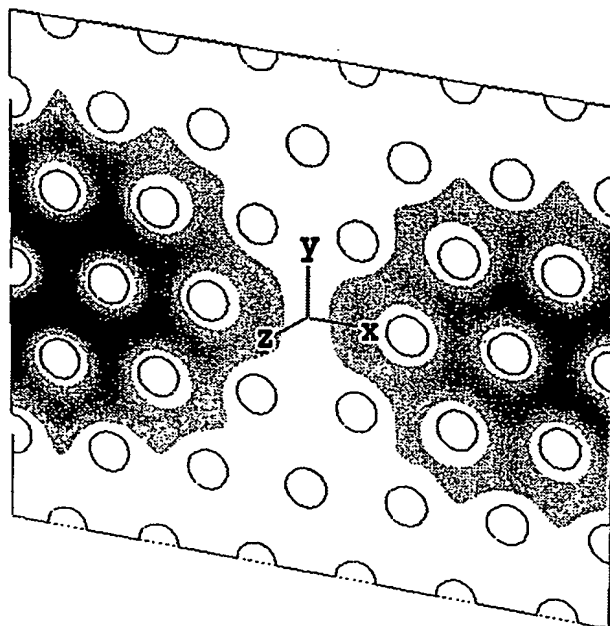


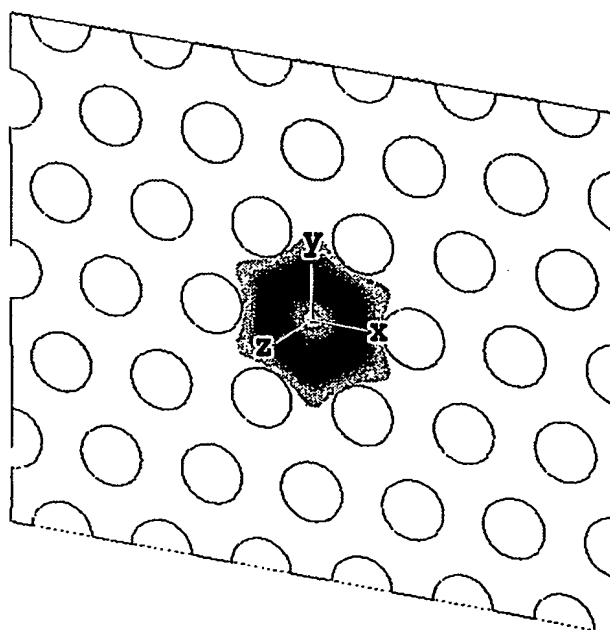
FIG.1B

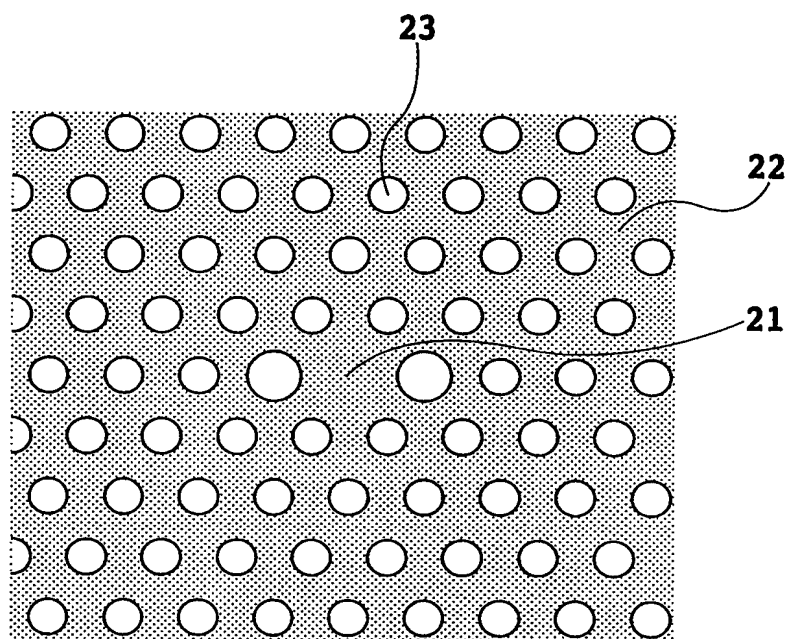


**FIG.2A**



**FIG.2B**





**FIG.3**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15830

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> G02B6/00, G01B6/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl.<sup>7</sup> G02B6/00, G01B6/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JICST FILE (JOIS)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                         | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | KNIGHT, J.C. et al., "Properties of photonic crystal fiber and the effective index model", In: J. Opt. Soc. Am. A., Opt. image. sci. March 1998, Vol. 15, No. 3, pages 748 to 752          | 1                     |
| Y         |                                                                                                                                                                                            | 2                     |
| Y         | WO 00/49436 A1 (THE UNIVERSITY OF BATH[GB/GB]),<br>Full text; Figs. 6, 7<br>& JP 2002-537575 A<br>Full text; Figs. 6, 7<br>& AU 2565000 A & CN 1341221 A<br>& EP 1153325 A1 & KR 1113696 A | 2                     |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
26 January, 2004 (26.01.04)

Date of mailing of the international search report  
10 February, 2004 (10.02.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02B6/00, G02B6/20

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02B6/00, G02B6/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICST FILE (JOIS)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                         | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| X               | KNIGHT, J. C. et al 'Properties of photonic crystal fiber and the effective index model' In: J. Opt. Soc. Am. A., Opt. image. sci. March 1998, Vol. 15, No. 3, p. 748-752 | 1                |
| Y               |                                                                                                                                                                           | 2                |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 01. 04

国際調査報告の発送日

10. 2. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号 100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 博之

2K

3211

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                               |                  |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                             | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| Y                     | WO 0.0/49436 A1 (THE UNIVERSITY OF BATH[GB/GB])<br>全文, Fig 6, 7<br>& JP 2002-537575 A, 全文, Fig. 6, 7<br>& AU 2565000 A<br>& CN 1341221 A<br>& EP 1153325 A1<br>& KR 1113696 A | 2                |